中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）42(2)：154～161（1993）

薑黃之生長與發育

I.根莖之形成及各次位分生子莖之成分分析[1]

邱善美　劉慧瑛　朱戩良[2]

摘要：本試驗以薑黃（*Curcuma aromatica* Salisb.）大黃種爲材料，調查分生子莖之形成過程，並分析比較各次位分生子莖間之成分組成及品質。試驗結果顯示薑黃分生子莖之形成約始於第二葉（完全展開葉）期，而後隨葉片數的增長而增加，至葉鞘出土後145天（收穫期），每株平均分生子莖數高達114.7個，其中各次位之平均分生子莖數，依其多寡次序爲第三次51.7個，第二次35.6個，第四次19.6個，及第一次7.8個，各約佔總根莖數之45.1、31.0、17.1及6.8%。薑黃根莖含多量碳水化合物（55—64%），與分生子莖比較，母莖之澱粉含量較低，但可溶性糖類含量較高；此外，母莖之粗蛋白質含量（17.8%）亦明顯高於分生子莖（5.1—13.1%）。在薑黃素含量方面，依其高低順序爲母莖0.55%，第一次分生子莖0.49%，第二次分生子莖0.43%，及第三次分生子莖0.31%，顯示愈早形成之根莖，其薑黃素含量愈高，對品質之提升有利，反之，高次位分生子莖之薑黃素含量低，品質亦較劣。

關鍵詞：薑黃、薑黃素、根莖、分生子莖、化學組成。

薑黃（*Curcuma aromatica* Salisb.）屬薑科（Zingiberaceae），爲多年生草本植物，其主要被利用部分爲根莖（rhizome）。數世紀以來即被用爲消炎劑，具暢通血液循環，消散瘀血、治月經不調、胃潰瘍出血及止心絞痛等藥效[1,2,4,6,8,9]，近年來更有學者研究發現薑黃素（curcumin）含抗氧化性物質，極有可能具有抑制 TPA （12-0-teradecanoyl phorbol-13-acetate）致癌作用的能力[5]。在另一方面，由於其根莖內含類似腊狀光澤的橙黃色素及類似生薑之芳香苦味，除供食品著色外，兼具辛香特性，爲瓜類鹽醃加工食品主要著色劑和防腐作用，更爲咖哩粉中唯一辛香佐料，市場需求殷切。

薑黃之根莖係母莖（mother set）及分生子莖（finger）之總稱，前者粗壯膨大，呈圓錐形，爲著生分生子莖之母體；後者如手指狀，俗稱指莖[7]。但不論係母莖或分生子莖，都具有環節，節間短，肉呈黃色或橙黃色，味芳香略苦。由於分生子莖著生部位的不同，又有第一次分生子莖（自母莖長出）、第二次分生子莖（自第一次分生子莖長出）及第三次分生子莖（自第二次分生子莖長出）等不同次位之別。就各次位分生子莖之分化期而言，以母莖之分化期最早，次爲第一次分生子莖，及隨後之第二次與其他各次位分生子莖；如在同一日收穫，亦以母莖之生育期最長，其他各次位分生子莖之生育期較短。因此薑黃根莖之成分組成，尤其是薑黃素含量，除品種及栽培環境之影響外，在各次位分生子莖間是否具有差異，是頗值得探討的問題。本試驗係以本省薑黃品種「大黃種」爲材料，於本所農場栽培，調查分生子莖的形成過程，同時分析各項化學成分組成，比較其間差異，以供今後栽培及利用之參考。

---

1. 臺灣省農業試驗所研究報告　第 1666 號。本試驗進行期間承本所作物生理研究室提供部份器材，謹此致謝。
2. 本所農藝系研究員與農業化學系副研究員及助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、試驗材料：薑黃品種大黃種。

二、材料之培育：

供作種用之根莖於1991年元月收穫，置入尼龍網袋，存放於溫室通風走道約三個月，其間未發現有萌芽現象。種植前一天以刀片分取第一次分生子莖爲種苗，俟傷口乾燥後於同年4月18日種植於本所試驗農場，土質爲坋質壤土；田間採用完全逢機區集法設計，4重複，試區行長6m，行距60cm，株距30cm，每行20株，5行區，每小區計100株。肥料施用量 N：P_2O_5：K_2O＝90：40：100kg/ha，其中以磷肥全量及氮、鉀肥之三分之一量於種植前一天施用爲基肥，剩餘三分之二量於行第一次（6月20日）及第二次（7月16日）中耕培土時平均施用爲追肥。生育期間曾行畦面淹水灌溉三次（分別爲7月2日、7月24日及8月19日），收穫期爲1992年1月21日。

三、根莖（第一次分生子莖）形成調查：

在植株生育過程中，於第1、2、3、4及5葉完全展開時，不分重複逢機選取植株10株，洗淨根部泥土雜物，以肉眼觀察，計數分生子莖形成數。

四、各次位分生子莖之成分分析：

於試區內全部植株之地上部莖葉枯萎倒伏後，每重複分別收穫中間行20株之根莖，洗淨泥土，再依各分生子莖著生次位，分別收穫；以尼龍網袋盛裝，置入80°C烘乾箱中烘乾72小時以上，使完全乾燥，再以磨粉機磨粉，供化學分析之用。各項分析方法如下：

㈠粗蛋白質：以 semi-micro Kjeldahl 法測定全氮含量，而以 N%×6.25表示之。

㈡粗脂肪：用 Soxhlet 裝置以乙醚抽出18小時後測定。

㈢游離糖：將樣本以約50倍之80%乙醇加熱（80—85°C）迴流30分鐘，連續進行四次，殘渣以80%乙醇洗滌並與前四次之抽出液合併，經玻璃棉過濾後，以酚—硫酸法測定糖含量[12]，而以葡萄糖爲標準。

㈣粗澱粉：將樣本以 0.75 N 鹽酸加熱（100°C沸水浴）迴流2小時水解澱粉後，將殘渣以水洗滌並與水解液合併以 Whatman GF/A 玻璃棉濾紙過濾；濾液以酚—硫酸法測定全糖含量[12]，而以葡萄糖爲標準。將全部糖含量減去游離糖含量後之數值乘以0.9即爲粗澱粉含量。

㈤醣類組成：取0.5g 樣本以5ml之80%乙醇加熱迴流抽取游離糖兩次後，用玻璃棉濾紙過濾，於所得殘渣加入約5ml之 0.75N HCl 在沸水浴中加熱2小時，再以玻璃棉濾紙過濾，濾液以高效液相層析儀（Hitachi L—6,000）分析，使用 RI detector、Hitachi D-2,000integrator 及 Li-Chrosopher 100-NH2 column (5 um, 4.0×250mm)，effluent 爲acetonitrile/H_2O (80/20)，flow rate 爲1ml/min；糖標準爲 Sigma 公司之 No. Car-11 carbohydrate kit。

㈥礦物質組成：樣本先經高溫灰化，以3N HCl溶解及蒸餾水稀釋後，用感應耦合電漿—原子發光光譜儀（Jobin-Yvon 38 Type III inductivity coupled plasma-atomic emission spectrophotometer）測定 P、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn 含量，以火焰光度計（Corning Model400 flame photometer）測定 Na 及 K 之含量。

㈦薑黃素：依據陳與蔡[3]及蔡與陳[7]之方法，將樣本以95%乙醇萃取至抽出液不再呈黃色後，測定抽出液在430nm波長之吸光度，而以 Sigma 公司 C—1386薑黃素爲標準換算之。

以上各項成分分析均爲四重複，以平均值表示之，並進行變方分析，比較其差異顯著性。

結果與討論

以未經催芽或經催芽處理之薑黃根莖爲種苗種植，至葉鞘伸出土面所需之時間，並無確切資料可

憑參考；Singh and Randhawa[11]在印度觀察之結果指出「需一段頗長之時間」；在亞熱帶地區，一般認爲較高的氣溫有利於薑黃根莖萌芽[12]。本省薑黃種植適期約爲三月下旬至四月上中旬，可能亦係基於氣溫的考量，過早種植因低溫導致萌芽時日之延長，不利於田間管理作業。本試驗以未經催芽之根莖，於1991年4月18日種植，同年5月12日在葉鞘尚未伸出土面前，由於雜草及土壤乾旱關係，曾行除草及畦面淹水灌溉一次。田間調查資料顯示，葉鞘出土期約始於種植後35天，但遲至6月9日，即種植後約50日，各重複葉鞘出土株數方達90%左右；顯示薑黃之根莖如未經催芽處理即於4月中旬予以種植，葉鞘出土甚爲緩慢，整齊度亦不理想，自葉鞘出土始期至終期約需16天左右。

薑黃於生育過程中自母莖依次生成一次、二次等不同次位分生子莖（圖1）。由母莖形成第一次分生子莖之時期與地上部生育的關係，尙無資料可供參考。本試驗於第1葉期至第5葉期（完全展開葉）連續五次採取薑黃植株，調查第一次分生子莖數目，所得結果列如表1；結果顯示在本所農場栽培環境下，薑黃大黃種分生子莖之形成期約在第二葉片完全展開後至第三葉片尙未顯露前，在10株供調查之材料中，有4株各形成1個分生子莖；生育至第三葉期時，有1株形成2個分生子莖，其餘9株各形成1個分生子莖；嗣後分生子莖數目隨葉片數的增加而增多；至植株生育至具有第5葉片時，每株第一次分生子莖數最多達4個，最少爲2個，平均每株3.1個。收穫時（1992年1月21日）調查每株各次位分生子莖數目，以第三次分生子莖所佔比率最高（45.1%），次爲第二次分生子莖（31.0%），而以第一次及第四次者較少，分別爲6.8%及17.1%（表2）。

圖1. 薑黃大黃種各次位分生子莖在母莖上著生情形；數字1—4分別表示母莖及第1次位至第3次位之分生子莖

Fig 1. The growth position of different orders of finger set of turmeric rhizomes. Numbers 1, 2, 3 and 4 indicate mother set and primary, secondary, and tertiary finger sets, respectively.

表1. 薑黃大黃種分生子莖之形成與葉數之關係

Table 1. The relationship between numbers of fully-expanded leaves and initiated primary fingers of turmeric rhizomes cultivated at TARI in 1991.

Number of fully-expanded leaves	Number of primary fingers										Total
	Plant number										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	4
3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
4	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	17
5	3	3	2	4	3	3	3	4	3	3	31

表2. 薑黃大黃種之各次位分生子莖數及其百分比。

Table 2. Numbers and percentage (in parenthesis) of different orders of finger set of turmeric rhizomes cultivated at TARI in 1991.

Primary finger set	Secondary finger set	Tertiary finger set	Quaternary finger set	Total
7.8 (6.8)	35.6 (31.0)	51.7 (45.1)	19.6 (17.1)	114.7 (100.0)

根莖內黃色素之生成與累積，似與分生子莖之形成同步，以不同生育期之根莖進行橫切面觀察，於較幼嫩之第三次分生子莖內可見一細小呈淡黃色之色環，第一次分生子莖及母莖則具有較大之色環（圖2），亦即色環隨根莖之成長與發育，逐漸向周邊擴張增大，最後充實整個根莖；顏色亦自淡黃轉變爲橙黃。

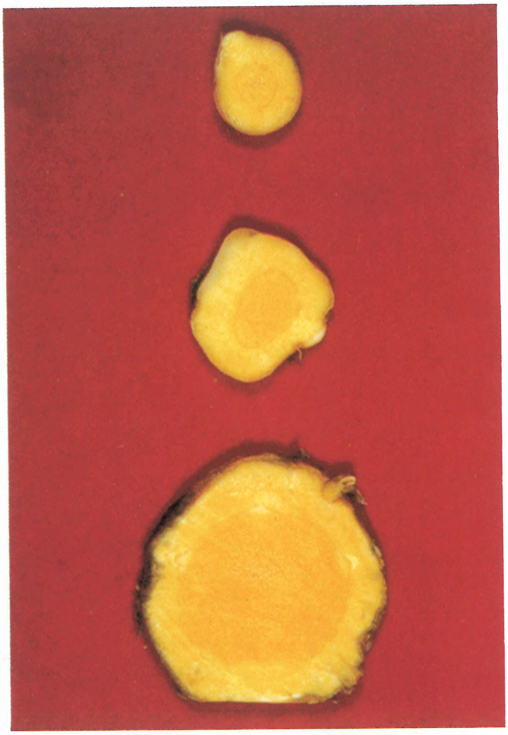

圖2. 薑黃大黃種黃色素之生成

Fig 2. Acccumulation pattern of yellow pigments in mother set (lower), primary finger set (middle), and tertiary finger set (upper) of turmeric rhizomes.

薑黃根莖所含之薑黃素不溶於水，但溶於酒精或冰醋酸；在酸中呈黃色，在鹼中則呈棕紅色。薑黃素含量之測定多以酒精抽出後，測其在波長420或430nm 的吸光度而計算之[7,12]。本試驗以不同次位分生子莖測得之薑黃素含量及一般成分組成列如表3。在薑黃素含量方面，以母莖含量（0.55%）最高，依次爲第一次（0.49%）、第二次（0.43%）及第三次分生子莖（0.31%），處理間差異顯著，顯示早期形成的分生子莖較晚期形成者具有較高的薑黃素含量；但母莖與第一次分生子莖間及第一次與第二次分生子莖間，薑黃素含量差異並未達5%顯著水準。本試驗供試品種爲大黃種，各次位分生子莖個體數以第三次分生子莖最多，但薑黃素含量最低（0.31%），就整體而言，勢必影響根莖品質。蔡與陳[7]以自印尼及泰國等地區引入之薑黃爲材料，測定不同品種（系）間薑黃素含量之差異，結果顯示薑黃素含量分布於1.5—5.4%之間，則本省之大黃種薑黃素含量遠遜於印尼及泰國種。又薑黃素係含於根莖之脂質中，母莖與一次分生子莖的薑黃素含量雖然較高，粗脂肪含量卻最低，反之，第三次分生子莖的脂肪含量高，薑黃素含量卻最低，是否在根莖發育過程中，兩項成分的合成具有時序性差異，或就量的關係而言，兩者之間有負相關關係存在，尙難予以確定，由於此項資料對決定薑黃品質具有重要性，有待進一步試驗予以證明。

表3. 薑黃大黃種不同次位分生子莖主要成分含量比較（%，乾重基準）

Table 3. Chemical composition of different orders of finger set of turmeric rhizomes cultivated at TARI in 1991 (%, dry weight basis)

Order of finger set	Curcumin	Crude protein	Crude fat	Soluble sugars	Starch
Mother set	0.55a*	17.84a	2.49bc	17.21a	40.39c
Primary set	0.49ab	13.14b	2.04c	11.04c	44.45b
Secondary set	0.43b	7.38b	2.70ab	13.12b	50.61a
Tertiary set	0.31c	5.12b	3.29a	13.38b	50.29a

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表3資料同時顯示薑黃根莖之組成分中，以澱粉的含量最高，母莖爲40.39%，較第一次分生子莖（44.45%）爲低，又次於第二次及第三次分生子莖，糖類與粗脂肪含量在各次位分生子莖間的變化趨勢也有相同表現。在粗蛋白質含量方面，則以母莖最高，高次位分生子莖最低，例如母莖粗蛋白質含量（17.84%）爲第三次分生子莖含量（5.12%）的三倍以上。

各次位分生子莖之礦物質組成成分列如表4。在所分析的九個元素中，以 K 的含量最高，依次爲 P、Mg、Ca 及各微量元素。如以各次位分生子莖間比較，除 K 及 Na 以第二次分生子莖含量顯著的高於其他各次位分生子莖外，Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn 等元素均以母莖之含量顯著的高於其他分生子莖，P 含量雖亦有相同趨勢，但各次位分生子莖間的差異未達顯著水準。

表4. 薑黃大黃種不同次位分生子莖礦物元素含量比較（mg/100g，乾重基準）

Table 4. Mineral concentrations of different orders of finger set of turmeric rhizomes cultivated at TARI in 1991 (mg/100g, dry weight basis)

Order of finger set	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
Mother set	672a*	1,480c	149a	535a	54.5ab	12.6a	54.5a	6.1a	19.1a
Primary set	561a	2,227b	105b	372b	44.5b	9.8b	23.5b	2.3b	7.4b
Secondary set	515a	3,930a	104b	286c	63.3a	9.1b	4.5c	0.7b	2.4c
Tertiary set	429a	2,440b	101b	219c	50.3b	7.2b	2.0c	2.1b	2.9c

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

薑黃屬根莖作物，而這類作物的根莖部位常是貯藏聚醣（polysaccharides）的場所。植物的聚醣因構成的單糖種類不同而有差異，例如澱粉爲葡萄糖構成的葡萄聚醣，菊醣（inulin）或左聚醣（levan）爲果糖構成的果聚醣等。本試驗中以高效液相層析儀分析母莖與不同次位分生子莖經稀酸水解液的糖類組成（圖3），得知薑黃母莖與分生子莖的貯藏性聚醣之糖類組成相同，以葡萄糖與麥芽糖爲主，亦即薑黃根莖的貯藏性聚醣主要爲澱粉；此外尙有少量的木糖（xylose）及阿拉伯糖（arabinose）存在，可知聚醣組成中尙含有少量的木聚醣及阿拉伯聚醣。又由分析圖中不含果糖及蔗糖（母莖含有微量蔗量）成分推斷，薑黃根莖內可能不含果聚糖。比較母莖與第三次分生子莖，發現兩者所含之木糖與阿拉伯糖比例並不相同；又母莖顯然較分生子莖含有較多之葡萄糖。

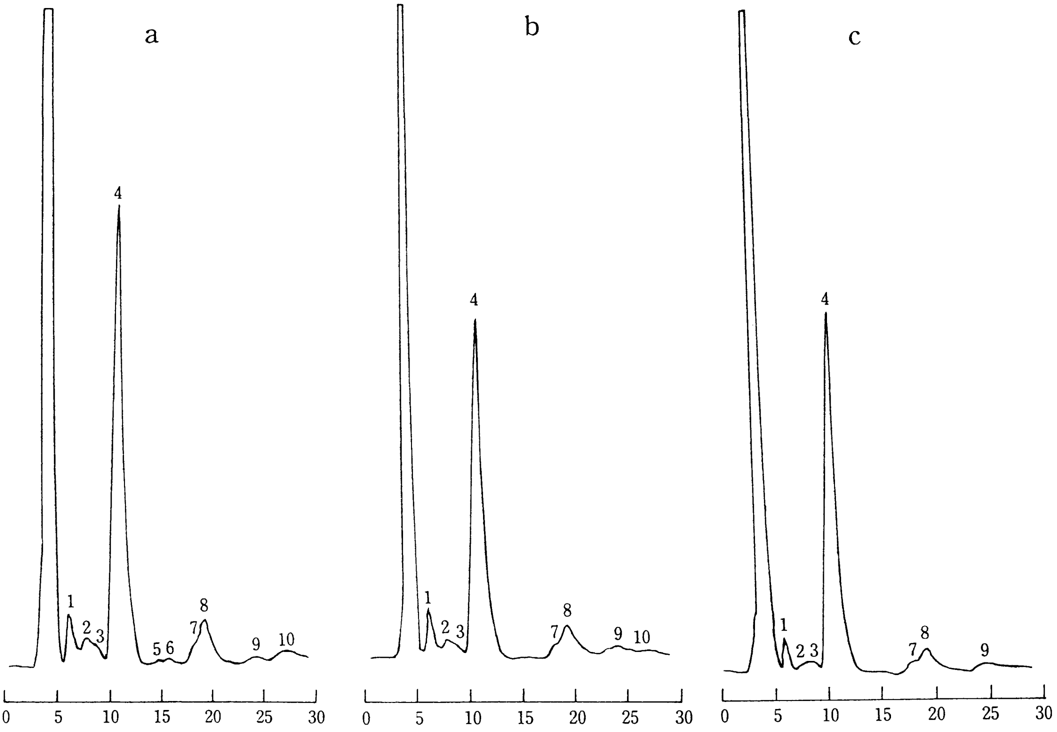

圖3. 薑黃大黃種母莖（a）與一次（b）及三次（c）分生子莖糖類之 HPLC 圖譜

Fig 3. HPLC chromatograms of sugars in mother set (a), primary finger set (b), and tertiary finger set (c) of trumeric rhizomes. Peaks 2, 3, 4, and 8 represent xylose, arabinose, glucose, and maltose, respectively.

綜合而言，本試驗結果顯示薑黃素之含量在不同次位分生子莖間確實存有差異，以母莖之含量高於其他各次位之分生子莖，第一次之分生子莖又高於第二次及第三次分生子莖，亦即早期形成之分生子莖歷經較長之生育期，有較高之薑黃素含量。因此，在選擇栽培品種時，應避免選擇第三次位以下分生子莖多的品種，以提高薑黃根莖品質。而在栽培技術的改進上，當控制品質欠佳高次位分生子莖之形成，或減少其個體數及重量，以促進低次位分生子莖之生長與發育。

參考文獻

1. 那　琦。1976。本草學，第381—383頁。太一彩色印刷有限公司，臺北市。

2. 徐原田。1989。經濟植物（第二集），第119—128頁。豐年社，臺北。

3. 陳雪娥、蔡平里。1975。園藝作物天然色素之研究Ⅲ鬱金色素之性質及其利用。中國園藝 21：242—248。

4. 黃秋蘭、李興進。1989。經濟植物（第二集），第114—118頁。豐年社，臺北市。

5. 黃智興。1991。薑黃素抑制 c-jun 與 c-fos 原致癌基因表現之探討。國立臺灣大學醫學院生化學研究所博士論文，臺北市。

6. 賴榮祥。1976。原色生藥學，第173—174頁。創譯出版社，臺中市。

7. 蔡平里、陳雪娥。1975。園藝作物天然色素之研究Ⅱ鬱金色素之抽取和不同品種間含量之分析。中國園藝21：79—82。

8. 戴新民。1975。中國藥材學（上），第490—493頁。啓業書局，臺北市。

9. 戴新民。1983。中藥臨床應用，第231—233頁。啓業書局，臺北市。

10. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith.1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28：350—356.

11. Singh, S. and G. S. Randhawa. 1985. Effect of intercropping and mulch on yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) .Proc. 5th ISHS Symp. Med. Arom. Spice Pl., pp. 183—185. Darjeeling, India.

12. Pruthi, J. S. 1980. Spices and Condiments：Chemistry, Microbiology, Technology, pp. 152—169. Academic Press, New York.

Growth and Development of Turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.) Plants

I . The Formation and Chemical Composition of Rhizome Finger Sets of Different Orders[1]

S. M. Chiu, H. I. Liu and C. L. Chu[2]

Summary

The sequential initiation and chemical composition of rhizome finger sets of different orders were investigated in *Curcuma aromatica* Salisb. The initiation of the primary finger set of rhizome started at the 2-leaf stage, and the number of the set increased with increasing leaf age. A total of 114.7 rhizomes per plant was recorded at harvest, or 145 days after the emergence of leaf sheath. Among these rhizomes, 7.8 were primary finger set, 35.6 were secondary finger set, 51.7 were tertiary finger set, and 19.6 were quaternary finger set, representing 6.8, 31.0, 45.1, and 17.1%, respectively, of the total rhizomes. Turmeric rhizomes were high in carbohydrate content (55-64%). Compared with finger sets, the mother set contained lower starch content but higher soluble sugar content. In addition, crude protein content was significantly higher for mother set (17.8%) than for finger sets (5.1-13.1%). Curcumin content was the highest (0.55%) in mother set, followed by the primary finger set (0.49%), secondary finger set (0.43%), and tertiary finger set (0.31%). The results indicated that early-formed rhizomes had higher curcumin content, and consequently better quality.

Key words : Turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.), Curcumin, Rhizome, Finger set, Chemical composition.

1. Contribution No. 1666 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).
2. Respectively, Senior Agronomist, Department of Agronomy, and Agricultural Chemist and Research Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC.